

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-335993

(43)Date of publication of application : 05.12.2000

(51)Int.Cl.

C30B 15/00

C30B 15/22

C30B 29/06

(21)Application number : 2000-052451

(71)Applicant : SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD

(22)Date of filing : 28.02.2000

(72)Inventor : PARK JAE-GUN

(30)Priority

Priority number : 99 320102

Priority date : 26.05.1999

Priority country : US

99 320210

26.05.1999

99 9938990

13.09.1999

US

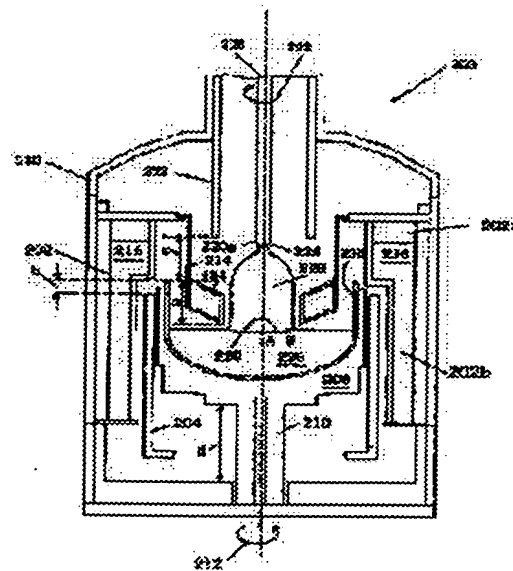
KR

(54) CZOCHRALSKI PULLER FOR PRODUCING SINGLE CRYSTAL SILICON INGOT BY REGULATING TEMPERATURE GRADIENT AT CENTRAL AND EDGE PARTS OF BOUNDARY BETWEEN INGOT AND MELT, HEAT SHIELD FOR CZOCHRALSKI PULLER AND IMPROVEMENT OF CZOCHRALSKI PULLER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make a single crystal silicon ingot grow in a defect-free state by attaching a ring-type heat shield to a czochralski puller for a single crystal silicon ingot and by regulating the temperature gradient in the boundary between the ingot and a melt.

SOLUTION: A heat shield 214 comprising a ring-type heat shield housing and a support member supporting the housing is installed. The ring-type heat shield housing has an inner heat shield housing wall, an outer heat shield housing wall, an oblique heat shield housing floor and a heat shield housing roof extending between the above walls, and contains an insulator in itself. At least one of the following conditions is regulated so as for temperature gradient to be $>2.5^{\circ}$ K/mm on the ingot axis A in a boundary between an ingot 228 and a melt 226 and also to be nearly equal to temperature gradient along a drift distance B from the verge of the columnar ingot: the position of the heat shield 214; the arrangement of the heat shield; the position of a heater 204; the arrangement of a cooling jacket 232; the position of a furnace 206; the arrangement of a heat pack 202; and the applied electric power to the heater 204.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

17.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of

02.11.2004

THIS PAGE BLANK COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-335993

(P2000-335993A)

(43)公開日 平成12年12月5日(2000.12.5)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
C 3 0 B 15/00		C 3 0 B 15/00	Z
15/22		15/22	
29/06	5 0 2	29/06	5 0 2 C

審査請求 未請求 請求項の数66 O L (全 22 頁)

(21)出願番号 特願2000-52451(P2000-52451)

(22)出願日 平成12年2月28日(2000.2.28)

(31)優先権主張番号 3 2 0 . 1 0 2

(32)優先日 平成11年5月26日(1999.5.26)

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(31)優先権主張番号 3 2 0 . 2 1 0

(32)優先日 平成11年5月26日(1999.5.26)

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(31)優先権主張番号 1 9 9 9 3 8 9 9 0

(32)優先日 平成11年9月13日(1999.9.13)

(33)優先権主張国 韓国 (K R)

(71)出願人 390019839

三星電子株式会社

大韓民国京畿道水原市八達区梅灘洞416

(72)発明者 朴 在勳

大韓民国京畿道城南市盆唐區九美洞 (番地なし) 建永アパート1003-1901號

(74)代理人 100064908

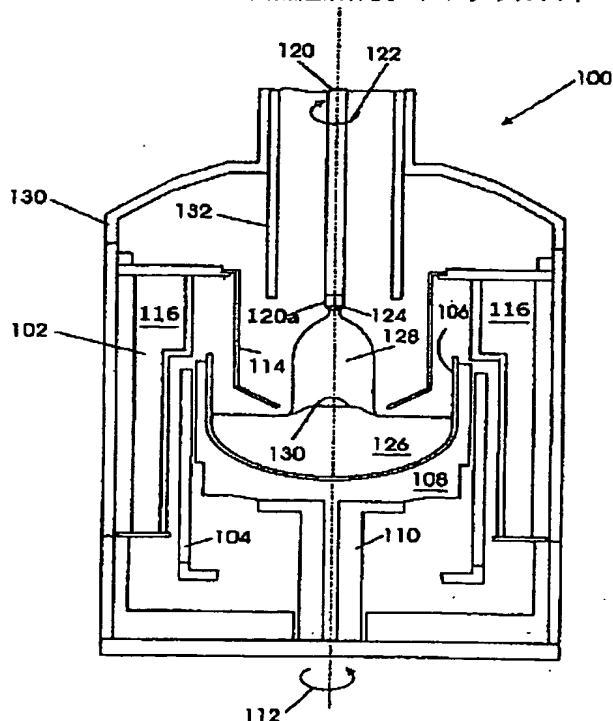
弁理士 志賀 正武 (外1名)

(54)【発明の名称】 インゴット-溶融物の境界の中央及び縁での温度勾配の調節による単結晶シリコンインゴットの製造のためのチョクラルスキプーラー、チョクラルスキプーラー用熱遮断体及びチョクラルスキ

(57)【要約】

【課題】 本発明はインゴット軸で2.5°K/mmより大きく、またインゴットの円筒型の縁から拡散距離での温度勾配と少なくとも同一な温度勾配をインゴット-溶融物の境界で得ることができるようにするためのチョクラルスキプーラーの要素の改良によってペーカンシ塊及びインタースチシャル塊の無い無欠陥単結晶シリコンインゴットを製造するためのチョクラルスキプーラーを改良する。

【解決手段】 インゴット軸で2.5°K/mmより大きく、またインゴットの円筒型の縁から拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一な温度勾配をインゴット-溶融物の境界で得ることができるようにすることによって、平らであるか又はシリコン溶融物に対して膨らんでいるインゴット-溶融物の境界を得ることができる。このように引上げられたインゴットは切断されて点欠陥は含むが、ペーカンシ塊及びインタースチシャル塊が無い多数の無欠陥ウェーハになる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内部熱遮断ハウジング壁、外部熱遮断ハウジング壁、傾いた熱遮断ハウジング底及び前記内部熱遮断ハウジング壁と外部熱遮断ハウジング壁の間で延長された熱遮断ハウジング蓋を含むし、その内部に絶縁物質を含むリング型熱遮断ハウジング、

及び炉内で前記熱遮断ハウジングを支持するように配列された支持部材と、を含めてなることを特徴とするシリコン溶融物を保有する炉を含めて単結晶シリコンインゴットを成長させるチョクラルスキプラー用熱遮断体。

【請求項2】 前記内部熱遮断ハウジング壁と外部熱遮断ハウジング壁が垂直である内部熱遮断ハウジング壁と外部熱遮断ハウジング壁で、

ここでは前記熱遮断ハウジングの蓋が傾いた熱遮断ハウジング蓋であることを特徴とする請求項1に記載のシリコン溶融物を保有する炉を含めて単結晶シリコンインゴットを成長させる熱遮断体。

【請求項3】 前記支持部材が前記リング型熱遮断ハウジングまで延長する少なくとも一つの支持アームを含むことを特徴とする請求項1に記載の前記シリコン溶融物を保有する炉を含めて単結晶シリコンインゴットを成長させる熱遮断体。

【請求項4】 前記少なくとも一つの支持アームがその内部に絶縁物質を含む少なくとも一つの中空の支持アームであることを特徴とする請求項3に記載の前記シリコン溶融物を保有する炉を含めて単結晶シリコンインゴットを成長させる熱遮断体。

【請求項5】 前記支持部材がリング型支持部材を含むことを特徴とする請求項1に記載の前記シリコン溶融物を保有する炉を含めて単結晶シリコンインゴットを成長させる熱遮断体。

【請求項6】 前記リング型支持部材がそれらの間に絶縁物質を含む内部支持部材壁及び外部支持部材壁を含むことを特徴とする請求項5に記載の前記シリコン溶融物を保有する炉を含めて単結晶シリコンインゴットを成長させる熱遮断体。

【請求項7】 前記リング型支持部材がその内部に少なくとも一つの窓を含むことを特徴とする請求項5に記載の前記シリコン溶融物を保有する炉を含めて単結晶シリコンインゴットを成長させる熱遮断体。

【請求項8】 前記リング型支持部材が傾いたリング型支持部材であることを特徴とする請求項5に記載の前記シリコン溶融物を保有する炉を含めて単結晶シリコンインゴットを成長させる熱遮断体。

【請求項9】 シードホルダーを前記炉から引上げ、それによって前記シリコン溶融物から単結晶シリコンインゴットを引上げる手段をさらに含め、前記単結晶シリコンインゴットは軸と円筒型の縁を有するし、前記シリコン溶融物と前記インゴットがインゴット-溶融物境界によって区分されるし、

前記熱遮断ハウジング蓋が傾いた熱遮断ハウジング蓋であるし、

前記内壁の長さ、前記第1角及び前記第2角の少なくとも一つが前記軸での前記インゴット-溶融物境界での温度勾配が前記円筒型の縁から拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一に形成するように選択された内部熱遮断ハウジング壁の長さ、水平との間に第1角を形成する前記傾いた熱遮断底、水平との間に第2角を形成する前記傾いた熱遮断蓋を含むことを特徴とする請求項1に記載の前記シリコン溶融物を保有する炉を含めて単結晶シリコンインゴットを成長させる熱遮断体。

【請求項10】 密封体と、

シリコン溶融物を保有する前記密封体内の炉と、前記炉に隣接している前記密封体内のシードホルダーと、

前記炉を囲む前記密封体内のヒータと、内部熱遮断ハウジング壁、外部熱遮断ハウジング壁、傾いた熱遮断ハウジング底及び前記内部熱遮断ハウジング壁と外部熱遮断ハウジング壁の間で延長する熱遮断ハウジング蓋を含めて、その内部に絶縁物質を含む前記炉内のリング型熱遮断ハウジング及び、前記炉内で前記熱遮断ハウジングを支持する支持部材と、を備えてなることを特徴とする単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

【請求項11】 前記内部熱遮断ハウジング壁と外部熱遮断ハウジング壁が垂直になる内部熱遮断ハウジング壁と外部熱遮断ハウジング壁で、

ここで前記熱遮断ハウジング蓋が傾いた熱遮断ハウジング蓋であることを特徴とする請求項10に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

【請求項12】 前記ヒータを囲む加熱パックをさらに含むし、

前記支持部材が前記炉内で前記加熱パックから前記リング型熱遮断ハウジングを支持することを特徴とする請求項10に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

【請求項13】 前記支持部材が前記リング型熱遮断ハウジングまで延長する少なくとも一つの支持アームを含むことを特徴とする請求項10に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

【請求項14】 前記少なくとも一つの支持アームがその内部に絶縁物質を含む少なくとも一つ以上の中空の支持アームであることを特徴とする請求項13に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

【請求項15】 前記支持部材がリング型支持部材を含むことを特徴とする請求項10に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

ラー。

【請求項16】 前記リング型支持部材がそれらの間に絶縁物質を含む内部支持部材壁及び外部支持部材壁を含むことを特徴とする請求項15に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

【請求項17】 前記リング型支持部材がその内部に少なくとも一つの窓を含むことを特徴とする請求項15に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

【請求項18】 前記リング型支持部材が傾いたリング型支持部材であることを特徴とする請求項15に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

【請求項19】 前記加熱パックが上部加熱パックハウジングと下部加熱パックハウジングを含むし、前記下部加熱パックハウジングが熱吸収物質で充填され、前記上部加熱パックハウジングが少なくとも部分的には前記熱吸収物質で充填されないことを特徴とする請求項12に記載の単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

【請求項20】 前記上部加熱パックハウジングが前記熱吸収物質が除去されたものであることを特徴とする請求項19に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

【請求項21】 シードホルダーを前記炉から引上げそれによって前記シリコン溶融物から単結晶シリコンインゴットを引上げる手段とさらに含むし、前記単結晶シリコンインゴットは軸と円筒型の縁を有し、前記シリコン溶融物と前記インゴットがインゴット-溶融物境界によって区分され、

前記熱遮断ハウジング蓋が傾いた熱遮断ハウジング蓋であるし、

前記内壁の長さ、前記第1角及び前記第2角の少なくとも一つが前記軸での前記インゴット-溶融物境界での温度勾配が前記円筒型の縁からの拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一に形成できるように選択された内部熱遮断ハウジング壁の長さ、水平との間に第1角を形成する前記傾いた熱遮断底、水平との間に第2角を形成する前記傾いた熱遮断蓋を含むことを特徴とする請求項10に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

【請求項22】 密封体と、
シリコン溶融物を保有する前記密封体内の炉と、
前記炉に隣接している前記密封体内のシードホルダーと、
前記炉を囲む前記密封体内のヒータと、
前記炉と前記シードホルダーの間の熱遮断体と、
前記熱遮断体と前記シードホルダーの間の冷却ジャケット及び、

前記ヒータを囲む前記密封体内の加熱パックを含むし、
前記加熱パックが上部加熱パックハウジングと下部加熱パックハウジングを含むし、前記下部加熱パックハウジングが熱吸収物質で充填され、前記上部加熱パックハウジングは少なくとも部分的には前記熱吸収物質で充填され、前記上部加熱パックハウジングは少なくとも部分的には前記熱吸収物質で充填されないことを特徴とする単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

10 【請求項23】 前記熱遮断体が前記上部加熱パックハウジングから前記炉及び前記シードホルダーの間にまで延長することを特徴とする請求項22に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

【請求項24】 密封体と、
シリコン溶融物を保有する前記密封体内の炉と、
前記炉に隣接している前記密封体内のシードホルダーと、
前記炉を囲む前記密封体内のヒータと、
20 前記ヒータを囲む前記密封体内の加熱パックと、
前記炉と前記シードホルダーの間の熱遮断体と、
前記熱遮断体と前記シードホルダーの間の冷却ジャケット及び、
シードホルダーを前記炉から引上げそれによって前記シリコン溶融物から単結晶シリコンインゴットを引上げる手段と、をさらに含むし、
前記単結晶シリコンインゴットは、軸と円筒型の縁を有し、前記シリコン溶融物と前記インゴットがインゴット-溶融物境界によって区分され、
30 前記熱遮断体の位置、前記熱遮断体の配列、前記ヒータの位置、前記冷却ジャケットの配列、前記炉の位置、前記加熱パックの配列及び前記ヒータに適用される電力の少なくとも一つがインゴット軸で2.5°K/mmより大きく、またインゴットの円筒型縁から拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一な温度勾配をインゴット-溶融物境界で得ることができるように選択されたことを特徴とする単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

【請求項25】 前記炉が炉上端及び炉下端を含み、前記熱遮断体が熱遮断上端と熱遮断底を含み、前記熱遮断体の位置が前記熱遮断底と前記炉上端の間の距離を変化させることによって選択されることを特徴とする請求項24に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

【請求項26】 前記熱遮断体が熱遮断上端と熱遮断底を含み、前記熱遮断体の配列が前記熱遮断底に熱遮断蓋を提供することによって選択されることを特徴とする請求項24に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー。

50 【請求項27】 前記熱遮断蓋が前記炉内で内部熱遮断

ハウジング壁、外部熱遮断ハウジング壁、傾いた熱遮断ハウジング底及び前記内部熱遮断ハウジング壁と外部熱遮断ハウジング壁の間に延長される熱遮断ハウジング蓋を含むリング型熱遮断ハウジングを含み、前記熱遮断ハウジングがその内部に絶縁物質を含むことを特徴とする請求項 26 に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプーラー。

【請求項 28】 前記傾いた熱遮断ハウジングが水平から一定の角で限定するし、また前記熱遮断体の配列が前記角の変化によって選択されることを特徴とする請求項 27 に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプーラー。

【請求項 29】 前記炉が炉上端と炉下端を含み、前記ヒータがヒータ上端及びヒータ底を含むし、前記ヒータの位置が前記炉上端と前記ヒータ上端の間の距離の変化によって選択されることを特徴とする請求項 24 に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプーラー。

【請求項 30】 前記ヒータの位置及び前記炉の位置が前記密封体に対して垂直で一緒に変化することを特徴とする請求項 29 に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプーラー。

【請求項 31】 前記炉が炉上端及び炉下端を含み、前記冷却ジャケットが冷却ジャケット上端と冷却ジャケット底を含むし、前記冷却ジャケットの位置が前記炉上端と前記冷却ジャケット底の間の距離を変化させることによって選択されることを特徴とする請求項 24 に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプーラー。

【請求項 32】 前記加熱パックが上部加熱パックハウジングと下部加熱パックハウジングを含むし、これらそれぞれは熱吸収物質で満たされ、そして前記加熱パックの配列が前記上部加熱パックハウジングから熱吸収物質の少なくとも一部が除去されることによって選択されることを特徴とする請求項 24 に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプーラー。

【請求項 33】 前記熱遮断体の位置、前記熱遮断体の配列及び前記ヒータの位置の少なくとも一つが前記軸での前記インゴット-溶融物境界での温度勾配が前記円筒型の縁からの拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一に形成するように選択され、そして前記冷却ジャケットの配列、前記炉の位置及び前記加熱パックの配列の少なくとも一つが前記軸での前記インゴット-溶融物境界での温度勾配が 2.5°K/mm より大きく形成するように選択されることを特徴とする請求項 24 に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプーラー。

【請求項 34】 前記炉が炉上端と炉下端を含むし、前記熱遮断体が熱遮断上端と熱遮断底を含むし、前記ヒータ

がヒータ上端とヒータ底を含み、前記熱遮断体の位置が前記熱遮断底と前記炉上端の間の距離の変化によって選択され、前記熱遮断体の配列が前記熱遮断底に熱遮断蓋を提供することによって選択され、前記ヒータの位置が前記炉上端と前記ヒータ上端の間の距離を変化させることによって選択されるし、また前記熱遮断体の位置、前記熱遮断体の配列及び前記ヒータの位置が前記軸での前記インゴット-溶融物境界での温度勾配が前記円筒型の縁からの拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一に形成するように選択されることを特徴とする請求項 33 に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプーラー。

【請求項 35】 前記炉が炉上端と炉下端を含むし、前記ヒータがヒータ上端とヒータ底を含むし、前記冷却ジャケットが冷却ジャケット上端と冷却ジャケット底を含むし、前記加熱パックがそれぞれ熱吸収物質で満たされた上部加熱パックハウジングと下部加熱パックハウジングを含むし、前記ヒータの位置が前記炉上端と前記ヒータ上端の間の距離を変化させることによって選択され、前記ヒータの位置及び前記炉の位置が密封体に対して垂直に同時に変化し、前記冷却ジャケットの位置が前記炉上端と前記冷却ジャケットの底の間の距離を変化させることによって選択され、前記加熱パックの配列が前記上部加熱パックハウジングから熱吸収物質の少なくとも一部を除去することによって選択されるし、また前記冷却ジャケットの配列、前記炉の位置、前記ヒータと前記炉の全ての位置及び前記加熱パックの配列が前記軸での前記インゴット-溶融物境界での温度勾配が 2.5°K/mm より大きく形成するように選択されることを特徴とする請求項 34 に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプーラー。

【請求項 36】 密封体と、シリコン溶融物を保有する前記密封体内の炉と、前記炉に隣接している前記密封体内のシードホルダーと、前記炉を囲む前記密封体内のヒータと、前記ヒータを囲む前記密封体内の加熱パックと、前記炉と前記シードホルダーの間の熱遮断体と、前記熱遮断体と前記シードホルダーの間の冷却ジャケット及び、シードホルダーを前記炉から引上げそれによって前記シリコン溶融物から単結晶シリコンインゴットを引上げる手段と、をさらに含むし、前記単結晶シリコンインゴットは、軸と円筒型の縁を有し、前記シリコン溶融物と前記インゴットがインゴット-溶融物境界によって区分され、前記熱遮断体の位置、前記熱遮断体の配列、前記ヒータの位置、前記冷却ジャケットの配列、前記炉の位置、前記加熱パックの配列及び前記ヒータに適用される電力の少なくとも一つが平らであるか、又はシリコン溶融物に

対して膨らんでいるインゴット-溶融物境界を得ることができるよう選択されたことを特徴とする単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキプラー。

【請求項37】 前記炉が炉上端及び炉下端を含むし、前記熱遮断体が熱遮断上端と熱遮断底を含むし、前記熱遮断体の位置が前記熱遮断底と前記炉上端の間の距離を変化させることによって選択されることを特徴とする請求項36に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキプラー。

【請求項38】 前記熱遮断体が熱遮断上端と熱遮断底を含むし、前記熱遮断体の配列が前記熱遮断底に熱遮断蓋を提供することによって選択されることを特徴とする請求項36に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキプラー。

【請求項39】 前記熱遮断蓋が前記炉内で内部熱遮断ハウジング壁、外部熱遮断ハウジング壁、傾いた熱遮断ハウジング底及び前記内部熱遮断ハウジング壁と外部熱遮断ハウジング壁の間に延長される熱遮断ハウジング蓋を含むリング型熱遮断ハウジングを含むし、前記熱遮断ハウジングがその内部に絶縁物質を含むことを特徴とする請求項38に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキプラー。

【請求項40】 前記傾いた熱遮断ハウジングが水平から一定の角で限定されるし、また前記熱遮断体の配列が前記角の変化によって選択されることを特徴とする請求項39に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキプラー。

【請求項41】 前記炉が炉上端と炉下端を含むし、前記ヒータがヒータ上端及びヒータ底を含むし、前記ヒータの位置が前記炉上端と前記ヒータ上端の間の距離の変化によって選択されることを特徴とする請求項36に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキプラー。

【請求項42】 前記ヒータの位置及び前記炉の位置が前記密封体に対して垂直に一緒に変化することを特徴とする請求項41に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキプラー。

【請求項43】 前記炉が炉上端及び炉下端を含むし、前記冷却ジャケットが冷却ジャケット上端と冷却ジャケット底を含むし、前記冷却ジャケットの位置が前記炉上端と前記冷却ジャケット底の間の距離を変化させることによって選択されることを特徴とする請求項36に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキプラー。

【請求項44】 前記加熱パックが上部加熱パックハウジングと下部加熱パックハウジングを含み、これらそれぞれは熱吸収物質で満たされ、そして前記加熱パックの配列が前記上部加熱パックハウジングから熱吸収物質の少なくとも一部が除去されることによって選択されるこ

とを特徴とする請求項36に記載の前記単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキプラー。

【請求項45】 密封体と、シリコン溶融物を保有する前記密封体内の炉と、前記炉に隣接している前記密封体内のシードホルダーと、前記炉を囲む前記密封体内のヒータと、前記ヒータを囲む前記密封体内の加熱パックと、前記炉と前記シードホルダーの間の熱遮断体と、前記熱遮断体と前記シードホルダーの間の冷却ジャケット及び、シードホルダーを前記炉から引上げそれによって前記シリコン溶融物から単結晶シリコンインゴットを上げる手段と、をさらに含むチョクラスキプラーを、無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキプラーに改良することにおいて、前記熱遮断体の位置、前記熱遮断体の配列、前記ヒータの位置、前記冷却ジャケットの配列、前記炉の位置、前記加熱パックの配列及び前記ヒータに適用される電力の少なくとも一つがインゴット軸で 2.5°K/mm より大きく、またインゴットの円筒型の縁から拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一な温度勾配をインゴット-溶融物境界で得るように選択する選択段階を含むことを特徴とするベカンシ塊及びインタースチシャル塊等のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキプラーの改良方法。

【請求項46】 前記炉が炉上端及び炉下端を含むし、前記熱遮断体が熱遮断上端と熱遮断底を含むし、前記選択段階が前記熱遮断底と前記炉上端の間の距離を変化させ、それによって前記熱遮断体の位置が選択されるようにする段階を含むことを特徴とする請求項45に記載の前記ベカンシ塊及びインタースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキプラーの改良方法。

【請求項47】 前記熱遮断体が熱遮断上端と熱遮断底を含むし、前記選択段階が前記熱遮断底と前記熱遮断蓋を提供し、それによって前記熱遮断体の配列が選択されるようにする段階を含むことを特徴とする請求項45に記載の前記ベカンシ塊及びインタースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキプラーの改良方法。

【請求項48】 前記熱遮断蓋が前記炉内で内部熱遮断ハウジング壁、外部熱遮断ハウジング壁、傾いた熱遮断ハウジング底及び前記内部熱遮断ハウジング壁と外部熱遮断ハウジング壁の間に延長される熱遮断ハウジング蓋を含むリング型熱遮断ハウジングを含むし、前記熱遮断ハウジングがその内部に絶縁物質を含むし、前記傾いた熱遮断ハウジング底が水平から一定の角で限定されるし、前記選択段階が前記角を変化させ、それによって前記熱遮断体の配列を選択する段階を含むことを特徴とする請求項47に記載の前記ベカンシ塊及びインタースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成

長ささせるためのチョコラルスキプラーの改良方法。

【請求項49】 前記炉が炉上端及び炉下端を含むし、前記ヒータがヒータ上端とヒータ底を含むし、前記選択段階が前記炉上端と前記ヒータ上端の間の距離を変化させ、それによって前記ヒータの位置を選択する段階を含むことを特徴とする請求項45に記載の前記ペーカンシ塊及びインタースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョコラルスキプラーの改良方法。

【請求項50】 前記選択段階が前記ヒータの位置及び前記炉の位置を前記密封体に対して垂直で一緒に変化させる段階をさらに含むことを特徴とする請求項49に記載の前記ペーカンシ塊及びインタースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョコラルスキプラーの改良方法。

【請求項51】 前記炉が炉上端及び炉下端を含むし、前記冷却ジャケットが冷却ジャケット上端と冷却ジャケットの底を含むし、前記選択段階が前記炉の上端と前記冷却ジャケット底の間の距離を変化させ、それによって前記冷却ジャケットの位置を選択する段階を含むことを特徴とする請求項45に記載の前記ペーカンシ塊及びインタースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョコラルスキプラーの改良方法。

【請求項52】 前記加熱パックがそれぞれ熱吸収物質で満たされた上部加熱パックハウジングと下部加熱パックハウジングを含むし、前記選択段階が前記上部加熱パックハウジングから熱吸収物質の少なくとも一部を除去することによって前記加熱パックの配列を選択する段階を含むことを特徴とする請求項45に記載の前記ペーカンシ塊及びインタースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョコラルスキプラーの改良方法。

【請求項53】 前記選択段階が、前記熱遮断体の位置、前記熱遮断体の配列及び前記ヒータの位置の少なくとも一つが前記軸での前記インゴット-溶融物境界での温度勾配が前記円筒型の縁からの拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一に形成するように選択される第1選択段階及び、

前記冷却ジャケットの配列、前記炉の位置及び前記加熱パックの配列の少なくとも一つが前記軸での前記インゴット-溶融物境界での温度勾配が 2.5°K/mm より大きく形成するように選択される第2選択段階を含むことを特徴とする請求項45に記載の前記ペーカンシ塊及びインタースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョコラルスキプラーの改良方法。

【請求項54】 前記炉が炉上端と炉下端を含むし、前記熱遮断体が熱遮断上端と熱遮断底を含むし、前記ヒータがヒータ上端とヒータ底を含み、前記熱遮断体の位置

が前記熱遮断底と前記炉上端の間の距離の変化によって選択され、前記熱遮断体の配列が前記熱遮断底に熱遮断蓋を提供することによって選択され、前記ヒータの位置が前記炉上端と前記ヒータ上端の間の距離を変化させることによって選択されるし、また前記第1選択段階が前記軸での前記インゴット-溶融物境界での温度勾配と少なくとも大体同一に形成できるように前記熱遮断体の位置、前記熱遮断体の配列及び前記ヒータの位置を選択する段階を含むことを特徴とする請求項53に記載の前記ペーカンシ塊及びインタースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョコラルスキプラーの改良方法。

【請求項55】 前記炉が炉上端と炉下端を含むし、前記ヒータがヒータ上端とヒータ底を含むし、前記冷却ジャケットが冷却ジャケット上端と冷却ジャケット底を含むし、前記加熱パックがそれぞれ熱吸収物質で満たされた上部加熱パックハウジングと下部加熱パックハウジングを含むし、前記ヒータの位置が前記炉上端と前記ヒータ上端の間の距離を変化させることによって選択され、前記ヒータの位置及び前記炉の位置が密封体に対して垂直で同時に変化し、前記冷却ジャケットの位置が前記炉上端と前記冷却ジャケットの底の間の距離を変化させることによって選択され、前記加熱パックの配列が前記上部加熱パックハウジングから熱吸収物質の少なくとも一部を除去することによって選択されるし、また前記第2選択段階が前記軸での前記インゴット-溶融物境界での温度勾配が 2.5°K/mm より大きく形成するように前記冷却ジャケットの配列、前記炉の位置、前記ヒータと前記炉全ての位置及び前記加熱パックの配列を選択する段階を含むことを特徴とする請求項54に記載の前記ペーカンシ塊及びインタースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョコラルスキプラーの改良方法。

【請求項56】 密封体と、シリコン溶融物を保有する前記密封体内の炉と、前記炉に隣接している前記密封体内のシードホルダーと、前記炉を囲む前記密封体内のヒータと、前記ヒータを囲む前記密封体内の加熱パックと、前記炉と前記シードホルダーの間の熱遮断体と、前記熱遮断体と前記シードホルダーの間の冷却ジャケット及び、シードホルダーを前記炉から引上げそれによって前記シリコン溶融物から単結晶シリコンインゴットを引上げる手段をさらに含むチョコラルスキプラーを、無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョコラルスキプラーに改良することにおいて、前記熱遮断体の位置、前記熱遮断体の配列、前記ヒータの位置、前記冷却ジャケットの配列、前記炉の位置、前記加熱パックの配列及び前記ヒータに適用される電力の少なくとも一つが平らであるか、又はシリコン溶融物に対して膨らんでいるインゴット-溶融物境界を得ることができるようを選択する選択段階を含むことを特徴とす

る前記ベーカンシ塊及びインターースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラーの改良方法。

【請求項 5 7】 前記炉が炉上端及び炉下端を含むし、前記熱遮断体が熱遮断上端と熱遮断底を含むし、前記選択段階が前記熱遮断底と前記炉上端の間の距離を変化させ、それによって前記熱遮断体の位置が選択できるようにする段階を含むことを特徴とする請求項 5 6 に記載の前記ベーカンシ塊及びインターースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラーの改良方法。

【請求項 5 8】 前記熱遮断体が熱遮断上端と熱遮断底を含むし、前記選択段階が前記熱遮断底に熱遮断蓋を提供し、それによって前記熱遮断体の配列が選択できるようにする段階を含むことを特徴とする請求項 5 6 に記載の前記ベーカンシ塊及びインターースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラーの改良方法。

【請求項 5 9】 前記熱遮断蓋が前記炉内で内部熱遮断ハウジング壁、外部熱遮断ハウジング壁、傾いた熱遮断ハウジング底及び前記内部熱遮断ハウジング壁と外部熱遮断ハウジング壁の間に延長される熱遮断ハウジング蓋を含むリング型熱遮断ハウジングを含むし、前記熱遮断ハウジングがその内部に絶縁物質を含んで前記傾いた熱遮断ハウジング底が水平から一定の角で限定されるし、前記選択段階が前記角を変化させ、それによって前記熱遮断体の配列を選択する段階を含むことを特徴とする請求項 5 8 に記載の前記ベーカンシ塊及びインターースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラーの改良方法。

【請求項 6 0】 前記炉が炉上端と炉下端を含むし、前記ヒータがヒータ上端及びヒータ底を含むし、前記選択段階が前記炉上端と前記ヒータ上端の間の距離を変化させ、それによって前記ヒータの位置を選択する段階を含むことを特徴とする請求項 5 6 に記載の前記ベーカンシ塊及びインターースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラーの改良方法。

【請求項 6 1】 前記選択段階が、前記ヒータの位置及び前記炉の位置を前記密封体に対して垂直で一線に変化させる段階をさらに含むことを特徴とする請求項 6 0 に記載の前記ベーカンシ塊及びインターースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラーの改良方法。

【請求項 6 2】 前記炉が炉上端及び炉下端を含むし、前記冷却ジャケットが冷却ジャケット上端と冷却ジャケット底を含むし、前記選択段階が前記炉上端と前記冷却ジャケット底の間の距離を変化させ、それによって前記冷却ジャケットの位置を選択する段階を含むことを特徴とする請求項 5 6 に記載の前記ベーカンシ塊及びインタ

ースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラーの改良方法。

【請求項 6 3】 前記加熱パックがそれぞれ熱吸収物質で満たされた上部加熱パックハウジングと下部加熱パックハウジングを含んで、前記選択段階が前記上部加熱パックハウジングから熱吸収物質の少なくとも一部を除去することによって前記加熱パックの配列を選択する段階を含むことを特徴とする請求項 5 6 に記載の前記ベーカンシ塊及びインターースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラーの改良方法。

【請求項 6 4】 前記選択段階が、前記熱遮断体の位置、前記熱遮断体の配列及び前記ヒータの位置の少なくとも一つが前記軸での前記インゴット-熔融物境界での温度勾配が前記円筒型の縁から拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一に形成するように選択される第 1 選択段階、及び前記冷却ジャケットの配列、前記炉の位置及び前記加熱パックの配列の少なくとも一つが前記軸での前記インゴット-熔融物境界での温度勾配が 2.5°K/mm より大きく形成できるように選択される第 2 選択段階を含むことを特徴とする請求項 5 6 に記載の前記ベーカンシ塊及びインターースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラーの改良方法。

【請求項 6 5】 前記炉が炉上端と炉下端を含むし、前記熱遮断体が熱遮断上端と熱遮断底を含むし、前記ヒータがヒータ上端とヒータ底を含むし、前記熱遮断体の位置が前記熱遮断底と前記炉上端の間の距離の変化によって選択され、前記熱遮断体の配列が前記熱遮断底に熱遮断蓋を提供することによって選択され、前記ヒータの位置が前記炉上端と前記ヒータ上端の間の距離を変化させることによって選択されるし、また、前記第 1 選択段階が前記軸での前記インゴット-熔融物の境界での温度勾配が前記円筒型の縁からの拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一に形成するように前記熱遮断体の位置、前記熱遮断体の配列及び前記ヒータの位置を選択する段階を含むことを特徴とする請求項 6 4 に記載の前記ベーカンシ塊及びインターースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラーの改良方法。

【請求項 6 6】 前記炉が炉上端と炉下端を含むし、前記ヒータがヒータ上端とヒータ底を含むし、前記冷却ジャケットが冷却ジャケット上端と冷却ジャケット底を含むし、前記加熱パックがそれぞれ熱吸収物質で満たされた上部加熱パックハウジングと下部加熱パックハウジングを含むし、前記ヒータの位置が前記炉上端と前記ヒータ上端の間の距離を変化させることによって選択され、前記ヒータの位置及び前記炉の位置が密封体に対して垂直に同時に変化し、前記冷却ジャケットの位置が前記炉



上端と前記冷却ジャケット底の間の距離を変化させることによって選択され、前記加熱パッキの配列が前記上部加熱パッキハウジングから熱吸収物質の少なくとも一部を除去することによって選択されるし、また前記第2選択段階が前記軸での前記インゴット-熔融物境界での温度勾配が 2.5°K/mm より大きく形成できるように前記冷却ジャケットの配列、前記炉の位置、前記ヒータと前記炉全ての位置及び前記加熱パッキの配列を選択する段階を含むことを特徴とする請求項65に記載の前記ベーカンシ塊及びインタースチシャル塊のない無欠陥単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラーの改良方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、微少電子(microelectronic)素子製造方法及び装置としてのチョクラルスキプラーに関するもので、より詳しくはインゴット-熔融物境界(界面)の中央及び縁部分での温度勾配の調節による単結晶シリコンインゴットの製造のためのチョクラルスキプラー、前記チョクラルスキプラー用熱遮断体及び前記チョクラルスキプラーの改良方法に関する。

【0002】

【従来の技術】集積回路は消費者に幅広く使用されており、商業的にも広く使用されている。集積回路は一般的に単結晶から製造される。集積回路の集積密度が継続的に増加することによって集積回路のための高品質の単結晶半導体物質を提供することがだんだん重要になってくる。集積回路は典型的に、大型単結晶シリコンインゴットの製造、ウェーハへのインゴットスライシング、ウェーハ上での数多い微少電子素子の製造工程の遂行及びパッケージ化された個別集積回路へのウェーハの切断によって製造される。シリコンインゴットの純度及び結晶化度はそれから製造される最終集積回路装置の性能に大きな影響を与えるので欠陥の数が減少したインゴット及びウェーハの製造のための努力が増加されてきた。

【0003】従来の単結晶シリコンインゴットを製造する一般的な方法をこれから説明する。このような方法の概略はウルフとタウバ氏によって1986年作成されたテキスト"Silicon Processing for the VLSI Era, Volume 1, Process Technology"の1章、1~35ページに示されているし、その詳しい説明をここでは参照する。単結晶シリコンの製造で電子級(electronic grade)多結晶は単結晶シリコンインゴットに転換される。クォーチャートのような多結晶シリコンは電子級多結晶シリコンで精製される。精製された前記電子級多結晶シリコンは電子級多結晶シリコンで精製される。精製された前記電子級多結晶シリコンはチョクラルスキ(CZ)法又はフロットゾーン(FZ)技術を



使って単結晶インゴットとして成長する。本発明はCZ技術を使ってシリコンインゴットを製造することと関連があるし、以下この技術について調べてみる。

【0004】チョクラルスキ成長は境界で液状から原子の結晶性固状化と関連がある。具体的には、炉に電子級多結晶シリコンが充填され、この熔融物は熔融される。正確な方向許容値を有するシリコンシード結晶がシリコン熔融物内に下向する。続いて、シード結晶が軸方向に制御された速度で持ち上げられる。シード結晶と炉は一般的に引上げ過程の間互いに反対方向に回転する。

【0005】初期引上げ速度は相対的に速いのでシリコンの狭いネックが形成される。続いて、熔融温度が減少及び安定化になるにより好ましいインゴットの直径が形成される。このような直径は一般的に引上げ速度を制御することで維持される。引上げは熔融物が殆ど焼尽するまで続けし、この際テール(tail)が形成される。

【0006】図1はチョクラルスキプラーの概略図である。図1に図示されたように、チョクラルスキプラー100は炉、結晶引上げメカニズム、環境制御機及びコンピュータ化された制御システムを含む。チョクラルスキ炉は一般的にホットゾーン炉(hot zone furnace)と呼ばれる。ホットゾーン炉は、ヒータ104から作られた炉106、黒鉛から作られたサセプタ(susceptor)108及び図示されたように第1方向112に回転する回転軸110を含む。

【0007】冷却ジャケット(cooling jacket)又は冷却ポート(cooling port)132が水冷(water cooling)のような外部冷却手段によって冷却される。熱遮断体114が付加的な熱分布を提供することができる。加熱パッキ(heat pack)102が熱吸収物質116に充填されて付加的な熱分布を提供する。

【0008】結晶引上げメカニズムは図示されたように第1方向112に反対になる第2方向122に回転することができる結晶引上げ軸120を含む。結晶引上げ軸120はその端部にシードホルダー(seed holder)120aを含む。シードホルダー120aはシード結晶124を掴んでいるし、炉106内の熔融物126から引上げられインゴット128を形成する。

【0009】環境制御システムはチャンバー密封体130、冷却ジャケット132及び図示しない他の流動制御機及び真空排気システムを含む。コンピュータ化された制御システムはヒータ、プラー、及び他の電氣的、機械的要素を制御するために使用され得る。

【0010】単結晶シリコンインゴットを成長させるために、シード結晶124はシリコン熔融物126と接触し、だんだん軸方向(上側)に引上げられる。単結晶シリコンへのシリコン熔融物126の冷却及び固状化(凝固)はインゴット128と熔融物126の間の境界134で起きる。図1に示されたように、境界134は熔融

物126に対して膨らんでいる。

【0011】実際のシリコンインゴットは不完全さ、又は欠陥を含んでいるので理想的な単結晶インゴットとは異なる。このような欠陥は集積回路装置を製造するのに好ましくない。このような欠陥は一般的に点欠陥 (point defect) 又は塊 (agglomerates: 三次元欠陥) と分類される。点欠陥はベカンシ点欠陥とインタースチシャル点欠陥という二つの一般的な形態がある。ベカンシ点欠陥では一つのシリコン原子がシリコン結晶格子内での正常的な位置の一つから離脱されたものである。このようなベカンシがベカンシ点欠陥になる。一方、原子がシリコン結晶の非格子地点 (インタースチシャルサイト) から発見されるとこれはインタースチシャル点欠陥になる。

【0012】点欠陥は、一般的にシリコン溶融物126と固状シリコンであるインゴット128の間の境界134から形成される。しかし、インゴット128が継続的に引上げることによって境界であった部分は冷却し始める。冷却の間、ベカンシ点欠陥とインタースチシャル点欠陥の拡散が欠陥を互いに合併させてベカンシ塊又はインタースチシャル塊を形成する。塊は点欠陥の合併によって発生する3次元構造である。インタースチシャル塊はデスロケーション欠陥又はD-デフェクト (D-defect) と呼ばれることもある。塊はたまにはこのような欠陥を検出するために使われる技術によって命名される。従って、ベカンシ塊は時にはCOP (Crystal Originated Particles)、LST (Laser scattering Tomography) 欠陥、又はFPD (Flow Pattern Defects) と呼ばれることもある。インタースチシャル塊はまたL/D (Large/Dislocation) 塊とも知られている。単結晶シリコンでの欠陥に対する論議はウルフ及びタウバ氏による前述したテキストの2章に提供されているし、その詳しい説明をここに参照する。

【0013】多くの変数 (parameter) が欠陥の数が少ない高純度インゴットを成長させるために制御される必要があるということは知っていることである。例えば、シード結晶の引上げ速度及びホットゾーン構造で温度勾配を制御することが知られている。ボロンコブの理論でV対Gの比 (V/G と言及される。) がインゴットで点欠陥の濃度を決定することであると分かるし、ここでVはインゴットの引上げ速度で、Gはインゴット-溶融物境界の温度勾配である。ボロンコブの理論はボロンコブ氏が著述した "The Mechanism of Swirl Defects Formation in Silicon" [Journal of Crystal Growth, Vol 59, 1982, pp. 625~643] に詳しく記述されている。

【0014】ボロンコブ理論の適用は1996年11月

25日から29日まで開いたシリコン物質に対する向上された化学技術に関する第2次国際シンポジウム (Second International Symposium on Advanced Science and Technology of Silicon Material) で本出願の発明者が発表した論文 "Effect of Crystal Defects on Device Characteristics" の519ページに出ている。本出願で図2に再図示された、論文の図15で、 V/G の関数としてベカンシ及びインタースチシャル濃度を図式的に表現した。ボロンコブの理論はウェーハでベカンシ及びインタースチシャル濃度を図式的に表現した。ボロンコブの理論はウェーハでベカンシ/インタースチシャル混合の発生が V/G によって決定されることを示す。より詳しくは、 V/G 比が臨界点以上ではベカンシ-豊富インゴットが形成される。

【0015】物理学者、材料科学者及び他の多くの人による数多い理論的な研究や、チョクラルスキプラー製作者による多くの経験的な研究にも関わらず単結晶シリコンウェーハで欠陥密度を減らすための必要性は続いている。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】本発明はインゴット軸で 2.5°K/mm より大きく、またインゴットの円筒型の縁から拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一な温度勾配をインゴット-溶融物境界で得ることができるようにするためのチョクラルスキプラーの要素の改良によってベカンシ塊及びインタースチシャル塊のない無欠陥単結晶インゴットを製造するためのチョクラルスキプラーの改良方法及び改良されたチョクラルスキプラーを提供することを目的とする。インゴット軸で 2.5°K/mm より大きく、またインゴットの円筒型の縁から拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一な温度勾配をインゴット-溶融物境界で得ることができるようになることによって、平らであるか又はシリコン溶融物に対して膨らんだインゴット-溶融物境界を得ることができる。このように引上げられたインゴットは切断され点欠陥は含むことがあるが、ベカンシ塊及びインタースチシャル塊のない多数の無欠陥ウェーハになる。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明によるチョクラルスキプラーは密封体及びシリコン溶融物を保有する密封体内の炉を含む。シードホルダーが密封体内で炉に隣接するように配置される。ヒータが密封体内で炉を囲むように配置される。加熱パックが密封体内でヒータを囲むように配置される。熱遮断体が炉とシードホルダーの間に配置され、冷却ジャケットが熱遮断体とシードホルダーの間に配置される。シードホルダーを炉から引上げる引上げ手段が提供されてそれによって単結晶シリコンインゴットをシリコン溶融物から引上げるようにする。単



結晶シリコンインゴットは軸と円筒型の縁を有する。シリコン溶融物及びインゴットはそれらの間のインゴット-溶融物境界によって区分される。

【0018】本発明の目的は、内部熱遮断ハウジング壁 (inner heat shield housing wall)、外部熱遮断ハウジング壁 (outer heat shield housing wall)、傾いた熱遮断ハウジング底 (oblique heat shield housing floor) 及び内部熱遮断ハウジング壁と外部熱遮断ハウジング壁の間に延長された熱遮断ハウジング蓋 (heat shield housing roof) を含むチョコラルスキプラー用熱遮断体を提供することである。熱遮断ハウジングはその内部に絶縁物質を含む。支持部材がチョコラルスキプラー内の炉内で熱遮断ハウジングを支持するように配置される。内部熱遮断ハウジング壁と外部熱遮断ハウジング壁は好ましくは垂直の内部熱遮断壁と外部熱遮断壁になり得るし、また熱遮断ハウジング蓋は好ましくは傾いた熱遮断ハウジング蓋になり得る。

【0019】一つの実施例で、支持部材はリング型熱遮断ハウジングまで延長される少なくとも一つの支持アーム (support arm) を含む。前記の少なくとも一つの支持アームは中空の形態になり得るし、またその内部に絶縁物質を含むことができる。他の一つの実施例で、支持部材はリング型支持部材になり得る。リング型支持部材はそれらの間に絶縁物質を含む内部支持部材壁と外部支持部材壁を含むことができる。リング型支持部材はまたその内部に少なくとも一つの窓を含むことができる。リング型支持部材は傾斜になり得る。

【0020】本発明によると、熱遮断体の位置、熱遮断体の配置、ヒータの位置、冷却ジャケットの配置、炉の位置、加熱パッキの配置及びヒータに適用される電力の少なくとも一つがインゴット軸で 2.5°K/mm より大きく、またインゴットの円筒型の縁から拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一な温度勾配をインゴット-溶融物境界で得ることができるように選択される。本発明の他の観点によると、熱遮断体の位置、熱遮断体の配置、ヒータの位置、冷却ジャケットの配置、炉の位置、加熱パッキの配置及びヒータに適用される電力の少なくとも一つが平らであるか又はシリコン溶融物に対して膨らんだインゴット-溶融物境界を得ることができるように選択される。

【0021】記述した変数 (parameter) のそれぞれは個別的に変更されることができる。例えば、炉は炉上端と炉下端を含むし、また熱遮断体は熱遮断上端と熱遮断底を含む。熱遮断体の位置は好ましくは熱遮断底と炉上端の間での距離を変化させることによって選択され得る。

【0022】熱遮断体の配列は熱遮断底に熱遮断蓋を提供することによって選択され得る。熱遮断蓋は好ましく



は炉内で内部熱遮断ハウジング壁、外部熱遮断ハウジング壁、傾いた熱遮断ハウジング底及び内部熱遮断ハウジング壁と外部熱遮断ハウジング壁の間に延長される熱遮断ハウジング蓋を含むリング型熱遮断ハウジングを含む。熱遮断ハウジングは好ましくはその内部に絶縁物質を含む。傾いた熱遮断ハウジングは水平から一定の角で限定されるし、また熱遮断体の配列は好ましくはこの角によって選択される。

【0023】傾いた熱遮断底は水平との間に第1角を形成するし、傾いた熱遮断ハウジング蓋は水平との間に第2角を形成する。内壁の長さ、第1角及び第2角の少なくとも一つは好ましくは軸でのインゴット-溶融物境界での温度勾配が円筒型の縁からの拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一に形成するように選択される。

【0024】ヒータはまたヒータ上端とヒータ底を含むし、ヒータの位置は好ましくは炉の上端とヒータ上端の間の距離を変化させることによって選択される。ヒータの位置及び炉の位置はまた密封体に対して垂直に同時に変わることができる。

【0025】冷却ジャケットもまた冷却ジャケット上端と冷却ジャケットの底を含むし、冷却ジャケットの位置は好ましくは炉上端と冷却ジャケットの底の間の距離を変化させることによって選択され得る。加熱パッキは上部加熱パッキハウジングと下部加熱パッキハウジングを含むし、これらそれぞれは熱吸収物質で満たされる。加熱パッキの配列は好ましくは上部加熱パッキハウジングから熱吸収物質の少なくとも一部を除去することによって選択される。

【0026】上部加熱パッキハウジングは少なくとも部分的には熱吸収物質で充填されない。好ましくは熱吸収物質の全部が上部加熱パッキハウジングから除去されて上部加熱パッキハウジングは熱吸収物質が除去された状態になるようにする。

【0027】熱遮断支持部材は好ましくは上部加熱パッキハウジングに付着されて炉内でリング型熱遮断ハウジングを支持する。

【0028】言及した変数は、好ましくはインゴット軸で 2.5°K/mm より大きく、またインゴットの円筒型の縁から拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一な温度勾配をインゴット-溶融物境界で得ることができるように一緒に変わることができる。特に、熱遮断体の位置、熱遮断体の配列及びヒータの位置の少なくとも一つが軸でのインゴット-溶融物の境界での温度勾配が円筒型の縁からの拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一に形成するように選択される。続いて、冷却ジャケットの配列、炉の位置及び加熱パッキの配列の少なくとも一つが軸でのインゴット-溶融物境界での温度勾配が 2.5°K/mm より大きく形成されるように選択される。

【0029】特に、熱遮断体の位置、熱遮断体の配列及

びヒータの位置は全て軸でのインゴット-溶融物境界での温度勾配が円筒型縁での温度勾配より大きく形成されるように選択される。続いて冷却ジャケットの配列、炉の位置、ヒータと炉二つ全ての位置及び加熱パックの配列は全て軸での温度勾配が少なくとも円筒型縁での温度勾配と少なくとも大体同一に維持される一方でインゴット-溶融物境界軸での温度勾配 $2.5^{\circ}\text{K}/\text{mm}$ より大きく形成するように選択される。それによって改良されたチョクラルスキプラーで無欠陥シリコンウェーハが形成され得る。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好ましい実施例を示す添付した図面を参照に詳しく説明する。一方、本発明は多くの他の形態として具現することができるし、以下で言及される実施例だけで限定されるのではない。

【0031】<概観：ベークンシー豊富及び無欠陥ウェーハ>図3乃至図7を参照して、(1)その中央に形成されるし、ベークンシ塊を含むベークンシー豊富領域及び(2)ベークンシー豊富領域とウェーハ縁の間に位置しベークンシ塊及びインタースチシャル塊のない無欠陥領域 (pure region) を有するセミー無欠陥ウェーハの製造に対する概観を説明する。図3に示したように、このようなベークンシー豊富ウェーハの製造はボロンコブ (Vorontsov) の理論から始まる。ボロンコブの理論は図3に図式的に表示されている。縁Eから始まって中央Cで終わる線に示したように、 V/G と表現されるインゴット溶融物表面で温度勾配に対する引上げ速度の比が、「地点a」と表示された縁Eからの拡散距離での $(V/G)_1$ より大きく、中央Cでの $(V/G)_2$ より小さく維持されるのであれば、その中央にベークンシー豊富領域及びベークンシー豊富領域とウェーハの縁の間に無欠陥領域を有するセミー無欠陥ウェーハが製造できるということが本発明によって明らかになった。特に V/G はインゴットでウェーハを横切る半径方向に変化するし、一般的にウェーハの中央と縁での他の熱的特性に起因してウェーハ中央から縁の方に行くほど減少する。従って、そのウェーハは図3に示したようにその中央Cから縁Eに至るまで半径方向 V/G 範囲を有する。

【0032】シリコンインゴット及びウェーハの製造での最大の関心はウェーハでベークンシ又はインタースチシャルの塊 (agglomerates) の形成にある。塊は溶融物からインゴットの制作初期の間に形成される点欠陥の合併に起因して形成されるものと知られている。点欠陥濃度は一般的にシリコンインゴットとシリコン溶融物の間の境界での条件によって決定される。続いて、インゴットがさらに引上げることによって、拡散及び冷却が塊を形成するための点欠陥の合併を決定する。

【0033】図4に示したように、本発明によると、各

点欠陥がその以下で塊として合併されない臨界ベークンシ点欠陥濃度 $[V]^*$ 及び臨界インタースチシャル点欠陥濃度 $[I]^*$ が存在するということが知られている。本発明によると、もし点欠陥の濃度がウェーハの周りの領域でこのような臨界濃度以下に維持されるのであれば、ベークンシー豊富領域がウェーハの中央に形成されるし、ウェーハの縁とベークンシー豊富領域の間に無欠陥領域が形成されるということが明らかになった。

【0034】従って、図4に示したように、ベークンシ濃度はその中央Cの付近を除外してウェーハを横切って臨界ベークンシ濃度 $[V]^*$ 以下に維持される。

【0035】従って、図5に示したように、ベークンシー豊富領域 $[V]$ がその中央に形成されるし、ベークンシー豊富領域 $[V]$ の外枠からウェーハの縁の領域はベークンシ塊が無いし、 $[P]$ と表示される (純粹又は無欠陥)。

【0036】インタースチシャルに対してまた図4を参照すると、インタースチシャル濃度はウェーハの中央から地点aに対応する、ウェーハの縁Eから拡散距離 L_1 に至るまで臨界インタースチシャル濃度 $[I]^*$ 以下に維持される。ウェーハの拡散距離 L_1 と縁Eの間で、インタースチシャル濃度が初期にインゴット-溶融物境界で臨界濃度 $[I]^*$ 以上である場合でも、拡散によってインタースチシャルベークンシはインゴットから拡散して行き、結晶成長の間に塊を形成しない。拡散距離 L_1 は8インチウェーハでは大体 $2.5 \sim 3\text{cm}$ である。従って、図5に示したように、その中央にベークンシー豊富領域 $[V]$ と、ベークンシー豊富領域と縁の間に無欠陥領域 $[P]$ を有するセミー無欠陥ウェーハが形成される。好ましくは、無欠陥領域 $[P]$ はウェーハ面積の少なくとも36%、より好ましくはウェーハ面積の少なくとも60%になる。

【0037】図5でのウェーハを形成するために V/G は地点aで $(V/G)_1$ より大きいし、中央Cで $(V/G)_2$ と同じかより小さく維持しなければならない。 V/G の比率を二つの臨界値の間で維持するようにするためには、二つの熱的考慮をしなければならない。一つ目は、ウェーハの中央Cからウェーハの拡散距離aに至る半径方向温度勾配Gがこれら臨界値内で維持しなければならない。従って、中央での V/G はベークンシ塊をベークンシー豊富領域内に抑制するために $(V/G)_2$ に近接しなければならない。さらに、縁からの拡散距離 L_1 での V/G はインタースチシャル塊を防止するために $(V/G)_1$ より大きく維持しなければならない。従って、炉のホットゾーンはウェーハの中央からウェーハの拡散距離に至るまで V/G が $(V/G)_2$ と $(V/G)_1$ の間で維持するようにGの変化が維持できるように設計しなければならない。

【0038】二つ目の考慮は、ウェーハがシード (seed) から始まってテール (tail) で終わるまで溶

融物から引上げられることによってGが軸方向に変化するということである。特に、インゴットの増加する熱量、溶融物の減少する熱量及び他の熱的考慮は一般的にインゴットが溶融物から引上げられる時Gを減少させるのである。従って、 V/G を第1及び第2臨界比の間に維持するためには引上げ速度プロファイルはインゴットがホットゾーン炉内でのシリコン溶融物から引上げられることによって調整される。

【0039】インゴットが引上げられることにより V/G を制御することによって、ベークンシ塊は図6に示したようにインゴットの軸Aに近接するベークンシ豊富領域[V]に制限できる。インタースチシャル塊は形成されないし、ベークンシ豊富領域[V]外側のインゴット領域は純粋又は無欠陥を示す[P]と表示される。また、図6に示したように、これはベークンシ塊を含むし、その中央に位置するベークンシ豊富領域[V]とベークンシ塊及びインタースチシャル塊が無いし、ベークンシ豊富領域とウェーハ縁の間に位置する無欠陥領域を有する複数のセミー無欠陥ウェーハを生産する。ベークンシ豊富領域[V]の直径は各ウェーハで同一である。単一インゴットから形成された複数のウェーハに対する確認は、一般的に全てウェーハ上に表示されるアルファニュメリック(alphanumeric)コードである図6に表示された"ID"であるID数で把握できる。このような18個の記号は単一インゴットから出る全てのウェーハを区別することができる。

【0040】図7は V/G をインゴットが溶融物から引上げられる時、二つの臨界比の間に維持するように用いられる引上げ速度プロファイルである。一般的にGはインゴットが溶融物から引上げられることによって減少するため、 V/G を二つの臨界比の間に維持させるためには引上げ速度Vはまた一般的に減少する。予想される工程変数を許容するためには好ましくは V/G は第1及び第2臨界比の間の中間に維持される。従って、好ましくは工程変数を許容するために境界領域(guard band)が維持される。

【0041】図8乃至図12は図3乃至図7に対応するし、本発明による無欠陥シリコンインゴット及びウェーハを形成するための引上げ速度プロファイルの調節を示す。図8に示されたように、もし V/G がウェーハ中央Cとウェーハの縁Eからの拡散距離aの間での緊密な許容範囲内に維持されるのであれば、ウェーハ全体に渡りインタースチシャル塊と同じくベークンシ塊の形成を防止することができる。従って、図9に示したように、ウェーハの中央C(インゴット軸A)で V/G の比はベークンシ塊を形成する臨界比 $(V/G)_2$ より低く維持される。類似に、 V/G はインタースチシャル塊を形成する臨界比 $(V/G)_1$ より高く維持される。従って、インタースチシャル塊及びベークンシ塊が無い図10の無欠陥シリコン[P]が形成される。一つのセットのウェー

ーハと共に無欠陥インゴットが図11に示されている。

【0042】無欠陥シリコンのための引上げ速度プロファイルが図12に示されている。

【0043】<概観：改良されたチョクラルスキプーラー及び熱遮断体>図13を参照して本発明による改良されたチョクラルスキプーラーが記述される。図13に示したように、改良されたチョクラルスキプーラー200は炉、結晶引上げメカニズム、環境制御機及びコンピュータ化された制御システムを含む。チョクラルスキ炉は一般的にはホットゾーン炉と呼ばれる。ホットゾーン炉はヒータ204、クォーツからなる炉206、黒鉛からなるサセプタ208及び図示されたように第1方向212に回転する回転軸210を含む。

【0044】冷却ジャケット又は冷却ポート232が水冷のような外部冷却手段によって冷却される。熱遮断体214が付加の熱分布を提供することができる。加熱パック202はその内部に熱吸収物質216を含めて付加の熱分布を提供する。

【0045】結晶引上げメカニズムは、図示したように第1方向212に反対になる第2方向222に回転することができる結晶引上げ軸220を含む。結晶引上げ軸220はその端部にシードホルダー220aを含む。シードホルダー220aはシード結晶224を掴んでいるし、炉206内の溶融物226から引上げられてインゴット228を形成する。

【0046】環境制御システムはチャンバー密封体230、冷却ジャケット232及び図示しない他の流動制御機及び真空排気システムを含む。コンピュータ化された制御システムはヒータ、プーラー及び他の電氣的、機械的要素を制御するために用いることができる。

【0047】単結晶シリコンインゴットを成長させるために、シード結晶224はシリコン溶融物226と接触し、そして炉からシードホルダーを引上げるための結晶引上げ軸220又は他の通常的手段によってだんだん軸方向(上方)に引上げられる。単結晶シリコンへのシリコン溶融物226の冷却及び固状化はインゴット228と溶融物226の間の境界238で起きる。

【0048】本発明によると、熱遮断体214の位置、熱遮断体214の配列、ヒータ204の位置、冷却ジャケット232の配列、炉206の位置、加熱パック202の配列及びヒータ204に適用される電力の少なくとも一つが地点Aと表示されるインゴット軸で $2.5^\circ\text{K}/\text{mm}$ より大きく、また地点Bと表示されるインゴットの円筒型縁から拡散距離での温度勾配は少なくとも大体同一な温度勾配をインゴット-溶融物境界で得ることができるように選択される。言い換えると、これら変数は、図13に示したように平らであるか又はシリコン溶融物226に対して膨らんだインゴット-溶融物境界238を得ることができるように調節できる。

【0049】まず、インゴット軸で $2.5^\circ\text{K}/\text{mm}$ よ

り大きく、またインゴットの円筒型縁から拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一な温度勾配をインゴット-溶融物境界で得ることに対する重要性の理論的論議を先ず記述する。続いて、変更できる各変数の航路に対して記述する。最後に、変数を一緒に変化させることを記述する。

【0050】＜理論的な論議＞無欠陥シリコンの製造に対する論議を要約し、そして図9Bをもう一度参照すると、無欠陥シリコンを得るためには、図9の地点Cと地点Eからの距離 L_1 に対応する、インゴット-溶融物境界

$$\Delta V/G = (V/G)_2 - (V/G)_1 \quad \dots (3)$$

$$\Delta V/G = V \{ (1/G_2) - (1/G_1) \} = V \{ (G_1 - G_2) / (G_1 \cdot G_2) \}$$

... (4)

【0052】 $\Delta G'$ を次の式(5)で定義する。

$$\Delta G' = G_1 - G_2 \quad \dots (5)$$

【0053】続いて、数式(4)で $\Delta V/G$ を最小化するためには、次の式(6)及び式(7)が維持されなければならない。

$$\Delta G' \leq 0 \quad \dots (6)$$

$$G_2 \geq 2.5 \quad \dots (7)$$

【0054】式(5)及び式(6)を結合すると、次の式(8)が得られる。

$$G_2 \geq G_1 \quad \dots (8)$$

【0055】言い換えると、式(8)はインゴット-溶融物境界で軸での温度勾配が少なくともインゴット-溶融物境界で円筒型の縁から拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一であるということを意味する。言い換えると、式(7)はインゴット-溶融物境界での温度勾配がその軸(中央)での 2.5°K/mm より大きくなければならないということを意味する。

【0056】式(7)は、引上げ速度 V の下限が大体 0.4 mm/min であるので実験的な観察に基づいて得られた。この速度以下での引上げ速度ではインゴットがシードホルダーから離れることができる。さらに $(V/G)_2$ の実質的な下限は $0.16 \text{ mm}/^\circ \text{K}$ である。従って、軸での温度勾配は 2.5°K/mm より大きくなければならない。

【0057】本発明によると、インゴット-溶融物境界での温度勾配が大体軸(図13での地点Aに対応)での約 2.5°K/mm より大きく、そしてまた円筒型縁からの拡散距離(図13での地点Bに対応)での温度勾配と少なくとも大体同一な場合、図13のインゴット-溶融物境界238は図13で示されたように平らであるか、又はシリコン溶融物226に対して膨らんでいることもできる。

【0058】定性的に、インゴット中央に比べ、インゴット縁での縁冷却効果を補充すること以上に増加した加熱によって無欠陥シリコンが得られることを確認した。さらに、中央での特定の最小温度勾配がまた維持されなければならない。これら臨界値が全て満足する場合、無

での半径 r と軸 z の温度勾配がインゴットの軸からインゴットの円筒型縁からの拡散距離までに渡り $[V]^*$ 及び $[I]^*$ の間で維持されなければならない。従って、次の式(1)及び式(2)が成り立つ。

$$(V/G)_1 < V/G(r) < (V/G)_2 \quad \dots (1)$$

$$(V/G)_1 < V/G(z) < (V/G)_2 \quad \dots (2)$$

【0051】軸と円筒型縁からの拡散距離の間での V/G の偏差を次の式(3)で定義すると次の結果が数式(4)で求められる。

欠陥シリコンが得られる。

【0059】本発明によると、熱の流れの展開から炉206内での溶融物226からインゴット228に流れる熱に比べ、溶融物226から空気236の方により多くの熱が流れるべきであることが明らかになった。言い換えると、液体/固体の境界を横切る熱に比べ液体/空気の境界を横切ってより多くの熱が流れなければならない。このような好ましい流れを達成するためには、ヒータ204から付加的な熱が空気236を経由してインゴット228の縁まで到達しなければならない。

【0060】図14はインゴットの中央(軸)Cから縁Eまでの距離Dの関数としての半径勾配 G を示している。実線で示した本発明によるインゴット-溶融物境界での中央Cでのインゴット-溶融物境界での温度勾配は、円筒型縁Eからの拡散距離 L_1 での温度勾配と少なくとも大体同一である。これは図14で点線で示した一般的にインゴットの中央Cでより縁Eからの拡散距離で非常に大きい通常の温度勾配と対照になる。

【0061】＜変数の調節＞記述したように、本発明によると、熱遮断体214の位置、熱遮断体214の配列、ヒータ204の位置、冷却ジャケット232の位置、炉206の位置、加熱パック202の配列及びヒータ204に適用される電力の少なくとも一つがインゴット軸で 2.5°K/mm より大きく、またインゴットの円筒型縁から拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一である温度勾配をインゴット-溶融物境界で得られるように選択される。以下の説明では今まで G_2 で表現されていたインゴット軸での温度勾配を G_{center} とする。これら変数のそれぞれの選択を以下で記述する。

【0062】各変数の実際値は改良されるチョクラルスキプラーのモデル及び製造業者によって異なることは当業者には理解できる。さらにそのチョクラルスキプラーに対しては多数のセットの変数が前記の結果を得ることができる。

【0063】熱遮断体214の位置の選択を以下で記述する。図13に示したように、炉206は炉上端と炉下端を含むし、熱遮断体214は熱遮断上端と熱遮断底を

含む。熱遮断体の位置は熱遮断底と炉上端の間の距離を変化させることによって選択される。この距離は図13で a として表示される。図15は距離 a の関数としての $\Delta G'$ 及び G_{center} の変化での観察された傾向を図式的に示す。図示したように、これら二つの量での非線形的な関係があり得る。

【0064】熱遮断体214の配列での改良を以下で記述する。図13に示したように、通常の熱遮断体が熱遮断底で熱遮断蓋234の追加によって改良される。熱遮断蓋234は好ましくはカーボンフェライト(carbon ferrite)のような熱保存物質で充填される。熱遮断蓋234の物理的次元はまた以下で記述されるように変形可能である。

【0065】ヒータ204の位置の変更を以下で記述する。図13に示したようにヒータ204はヒータ上端とヒータ底を含む。ヒータの位置は炉の上端とヒータの上端の間の距離を変化させることによって変化される。この距離を図13に b と示した。距離 a の関数としての G_{center} 及び $\Delta G'$ の変化での観察された傾向を図16に示した。

【0066】本発明によると、ヒータ204の位置及び炉206の位置もまた同時に密封体230に対して垂直に変化可能である。特に炉の上端とヒータの上端の間の距離 b の変化後に炉206と密封体230の間の距離 d が変化可能である。図17は距離 b が一定に維持される間に距離 d の関数としての $\Delta G'$ 及び G_{center} の変化で観察された傾向を図式的に示す。

【0067】冷却ジャケットの位置の変更を以下で記述する。図13に示したように冷却ジャケット232は冷却ジャケットの上端と冷却ジャケット底を含む。本発明によると、冷却ジャケットの位置は炉の上端と冷却ジャケットの底の間の距離を変化させることによって変化する。この距離は図5に C で示した。図18は距離 c の関数としての G_{center} 及び $\Delta G'$ の変化での観察された傾向を図式的に示す。

【0068】本発明によると、加熱パック物質216の変更がまた提供される。特に、図13に示したように加熱パックハウジング202は上部加熱パックハウジング202aと下部加熱パックハウジング202bを含む。熱吸収物質216、一般的にカーボンフェライトが上部加熱パックハウジング202aから除去できる。一つの具体的な実施例で、熱吸収物質が上部加熱パックハウジング202a全体から除去される。図19は $\Delta G'$ 、 G_{center} 及び上部加熱パックハウジング202aから除去された熱吸収物質216の量の変化での観察された傾向を図式的に示した。

【0069】＜変数の組合せの変化＞前記のように、チョクラルスキプラーの変数それぞれは個別的に非線形的に G_{center} 及び $\Delta G'$ を変化させる。従って、 $\Delta G' \leq 0$ 及び $G_{center} \geq 2.5$ を得るためには、変数の全てを

変化させるのに試行錯誤及び／又はシミュレーションが用いられる。

【0070】本発明によるとチョクラルスキプラーを改良することには次の段階が遂行され得る。図20を参照すると、ブロック1200で、熱遮断体の位置 a 、熱遮断体の設計及びヒータの位置 b の少なくとも一つがインゴット-熔融物境界での軸での温度勾配が円筒型の縁からの拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一に形成するように選択される。特に、熱遮断体214の位置 a 、熱遮断体214の配列及びヒータの位置 b は全て $\Delta G'$ を最小化させるように選択される。しかし、この工程の間、軸での温度勾配(G_{center})もまた減少され得る。

【0071】続いて、ブロック1210で、冷却ジャケット232の位置 c 、加熱パック202内の熱吸収物質216の量及び炉206の位置 d の少なくとも一つは軸でのインゴット-熔融物境界での温度勾配が $2.5^\circ K/mm$ より大きく形成できるように改良される。特に冷却ジャケットの距離 c 、熱吸収物質の量及び炉の距離 d は全て G_{center} を最大化するために選択される。

【0072】あいにく、ブロック1210での G_{center} 最大化は $\Delta G'$ を増加させる原因になり得る。従って、ブロック1220で、 $\Delta G'$ が0より小さいか同じであるかを確認するテストが行われる。もしそうであれば、チョクラルスキプラーは最適化される。もし層でなければ、続いてブロック1230で前記ヒータ電力を減少させ、 $\Delta G'$ が大略0より小さくなるまでブロック1200及びブロック1210の工程が再び遂行される。

【0073】＜熱遮断体の詳しい設計＞図13の熱遮断体214の設計がチョクラルスキプラーの性能に深い影響を与えることができる。従って、熱遮断体214の詳しい設計が以下で記述される。

【0074】図21は図13の熱遮断体214と熱遮断体214を囲む要素の拡大図である。図21に示したように、熱遮断体214は好ましくは炉206内でリング型熱遮断蓋又は熱遮断ハウジング234を含む。リング型熱遮断ハウジング234はカーボンコーティングされたシリコンカーバイドを含むことができるし、好ましくは内部熱遮断ハウジング壁1310、外部熱遮断ハウジング壁1320、傾いた熱遮断ハウジング底1330、及びやはり好ましくは傾いた熱遮断ハウジング蓋1340を含むことができる。熱遮断ハウジングはその内部にカーボンフェライトのような絶縁物質1360を含む。支持部材1350が炉206内でリング型熱遮断ハウジング234を支持する。支持部材1350はまたカーボンコーティングされたシリコンカーバイドを含むことができる。

【0075】図21に示したように、内部熱遮断壁1310及び外部熱遮断壁1320はそれぞれ好ましくは垂直の内部熱遮断壁と外部熱遮断壁になり得る。熱遮断ハ

ウジング底1330及び熱遮断ハウジング蓋1340は好ましくはそれぞれ水平に対して角度 α 及び角度 β で傾く。

【0076】本発明によるとインゴット228の縁に比べインゴット228の中央での温度勾配を変化させるためにリング型熱遮断ハウジング234の物理的次元の大部分が変化され得る。変化され得る変数の中には熱遮断ハウジング底1330の角度 α 、熱遮断ハウジング蓋1340の角度 β 、内部熱遮断壁1310の長さa、内部熱遮断壁1310と外部熱遮断壁1320の間の距離b、外部熱遮断壁1320の長さc、炉206と外部熱遮断壁1320の間の距離d及び炉の上端と傾いた熱遮断ハウジング底1330の間の距離eがある。

【0077】一般的にリング型熱遮断ハウジング234はその内部に絶縁物質1360を含む。絶縁物質1360はインゴット228に対してヒータ204からの熱を絶縁する。絶縁物質1360はまたインゴット228から放射される熱を保存する。

【0078】特に、角度 α が増加し、他の変数が同一である時、リング型熱遮断ハウジング内部熱遮断ハウジング壁1310と熱遮断ハウジング底1330が交差する地点xでの温度は増加し得る。インゴット228に近接した地点yの温度もまたインゴット228からの増加された熱放射によって増加し得る。さらに、長さaが長さcに比べて増加する場合、インゴットからのより多くの熱保存が起きて地点xでの温度が増加することができ、地点bでの温度が増加することができるが、インゴット228の中央での温度勾配は減少することができる。対照的に角度 β が増加する場合、インゴットの中央での温度勾配は増加することができる。

【0079】図21でdとして表示された炉206に対する熱遮断ハウジング234の位置はまたチョクラルスキプーラーの性能に影響を与える。特に、dが減少することによってインゴットからの熱放射によるより多い熱保存が起きることができ、それによって地点xと地点yでの温度が増加できる。さらに、インゴット228の中央と縁の間での温度勾配の差は減少できるし、またインゴットの中央での温度は減少できる。最後に図13でeとして表示された熱遮断ハウジング234と炉206の間の軸上の距離もまた変化することができる。

【0080】特に炉206に対して熱遮断ハウジング234が上方に移動することによって、それによって距離eが減少し、インゴットの中央での温度勾配は増加することができるし、またインゴットの中央とインゴットの縁の間での温度勾配の間の差もやはり増加する。

【0081】好ましくは、これら変数の全てはインゴットの円筒型縁からの拡散距離(図13で地点Bと表示する)での温度勾配と少なくとも同一な温度勾配が軸でのインゴット-溶融物の境界(図5で地点Aと表示する)で形成するように変化できる。

【0082】従って、これらの変数の全てはインゴット軸で2.5°K/mmより大きく、またインゴットの円筒型の縁から拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一である温度勾配をインゴット-溶融物の境界で得るように変化できる。

【0083】図22乃至図25には、やはりチョクラルスキプーラーの熱的特性に影響を与えることができる支持部材1350の多様な配列が示されている。図22乃至図25は熱遮断体214の部分切開斜視図である。図22に示したように支持部材1350は一つ又はそれ以上の支持アーム1410を含む。また、図23に示したように支持部材1350はリング型支持部材1420になり得る。

【0084】リング型支持部材1420はその内部に一つ又はそれ以上の窓1430を含むことができる。窓1430は開口になり得るし、又はクォーツ窓(quartz window)になり得る。リング型支持部材は図示したように傾くことができる。

【0085】図24に示したように、支持アーム1410はその内部に絶縁物質1440を含む中空の支持アーム1410'になり得る。類似に、図25に示したようにリング型支持部材1420はその内部に絶縁物質1450を含む中空のリング型支持部材1420'になり得る。支持部材が図示されたようにリング型熱遮断ハウジング234にその外部壁で付着する必要は無いことは理解できる。さらに、付着位置はその外部壁と内部の間で変更できる。

【0086】中空の支持部材1410'そして1420'をそれぞれ製造するための支持部材1410または1420内での絶縁物質の付加は、インゴット228からヒータ204を絶縁することができるし、またインゴット表面からの速い熱伝達を提供する。従って、インゴットの中央での温度勾配は増加することができるし、インゴットの中央とインゴットの縁の間での温度勾配の差もまた減少することができる。

【0087】インゴット軸で2.5°K/mmより大きく、またインゴットの円筒型縁から拡散距離での温度勾配と少なくとも大体同一な温度勾配をインゴット-溶融物境界で得ることができるようにチョクラルスキプーラーを改良した時、 α 、a及びcの調節が円筒型の縁からの拡散距離での温度勾配よりさらに大きいインゴット-溶融物境界での温度勾配を形成することを調節することができることが明らかになった。さらに、 β の調節及び支持アーム内での絶縁物質の提供が軸上での温度勾配を調節することができる。従って、熱遮断体214の設計において $\Delta G'$ を減少させるために α 、a及びcは増加され得る。その次に十分に高い $G_{\text{中央}}$ を得るために β が増加できるし、また絶縁物質がさらに加えられることができる。リング型熱遮断ハウジングの一つの具体的な設計は125mmの長さcの外部熱遮断ハウジング壁13

20、55mmの長さaの内部熱遮断ハウジング壁1310、7.4mmの距離d及び5°の角度 α を含む。

【0088】

【発明の効果】従って、本発明によると、一つのシリコンインゴットから製造された複数の無欠陥単結晶シリコンウェーハを生産することができるし、各無欠陥シリコンウェーハにはベークンシ塊及びインターシヤル塊が存在しない。

【0089】従って、インゴット-溶融物の境界での温度勾配に対する引上げ速度の比を上部下部境界の間に維持させることで塊欠陥がウェーハの中央のベークンシ-豊富領域で抑制できるし、又は除去されて無欠陥シリコンウェーハを生産することも可能である効果がある。

【0090】以上で、本発明は記載された具体例についてのみ詳細に説明したが、本発明の技術思想範囲内で多様な変形および修正が可能であることは当業者にとって明白なことであり、このような変形および修正が添付された特許請求範囲に属するのは当然である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキプラー（puller）を示す概略断面図である。

【図2】 ボロンコブ理論を図式化した図面である。

【図3】 中央にベークンシ-豊富領域と、ベークンシ-豊富領域とウェーハの縁の間の無欠陥領域を有するウェーハの製造を概略的に説明するための図である。

【図4】 中央にベークンシ-豊富領域と、ベークンシ-豊富領域とウェーハの縁の間の無欠陥領域を有するウェーハの製造を概略的に説明するための図である。

【図5】 中央にベークンシ-豊富領域と、ベークンシ-豊富領域とウェーハの縁の間の無欠陥領域を有するウェーハの製造を概略的に説明するための図である。

【図6】 中央にベークンシ-豊富領域と、ベークンシ-豊富領域とウェーハの縁の間の無欠陥領域を有するウェーハの製造を概略的に説明するための図である。

【図7】 中央にベークンシ-豊富領域と、ベークンシ-豊富領域とウェーハの縁の間の無欠陥領域を有するウェーハの製造を概略的に説明するための図である。

【図8】 塊がないウェーハの製造を概略的に示した図である。

【図9】 塊がないウェーハの製造を概略的に示した図である。

【図10】 塊がないウェーハの製造を概略的に示した図である。

【図11】 塊がないウェーハの製造を概略的に示した図である。

【図12】 塊がないウェーハの製造を概略的に示した図である。

【図13】 本発明によって改良されたチョクラルスキプラーとその改良方法を示した概略断面図である。

【図14】 通常的な方法での距離の関数としての半径温度勾配と本発明による距離の関数としての半径温度勾配の間の比較を図示した図である。

【図15】 本発明による熱遮断底と炉上部の間の距離の関数として、温度勾配の変化で観察された傾向を図示した図である。

【図16】 本発明による炉上部とヒータ上部の間の距離の関数として、温度勾配の変化で観察された傾向を図示した図である。

【図17】 本発明による炉と密封体の間の距離の関数として、温度勾配の変化で観察された傾向を図示した図である。

【図18】 本発明による炉上部と冷却ジャケットの底の間の距離の関数としての温度勾配の変化で観察された傾向を図示した図である。

【図19】 本発明による上部加熱パックハウジングから除去された熱吸収物質の量の関数としての温度勾配の変化で観察された傾向を図示した図である。

【図20】 本発明による組合せでの変数の変化に対する段階を示す流れ図である。

【図21】 図13の熱遮断体を拡大して図示した概略断面図である。

【図22】 本発明による熱遮断体の実施形態の部分切開斜視図である。

【図23】 本発明による熱遮断体の実施形態の部分切開斜視図である。

【図24】 本発明による熱遮断体の実施形態の部分切開斜視図である。

【図25】 本発明による熱遮断体の実施形態の部分切開斜視図である。

【符号の説明】

100 チョクラルスキプラー

102 加熱パック

104 ヒータ

106 炉

108 サセップタ

110 回転軸

112 第1方向

114 熱遮断体

116 熱吸収物質

120 結晶引上げ軸

120a シードホルダー

122 第2方向

124 シード結晶

126 溶融物

128 インゴット

130 チャンバー密封体

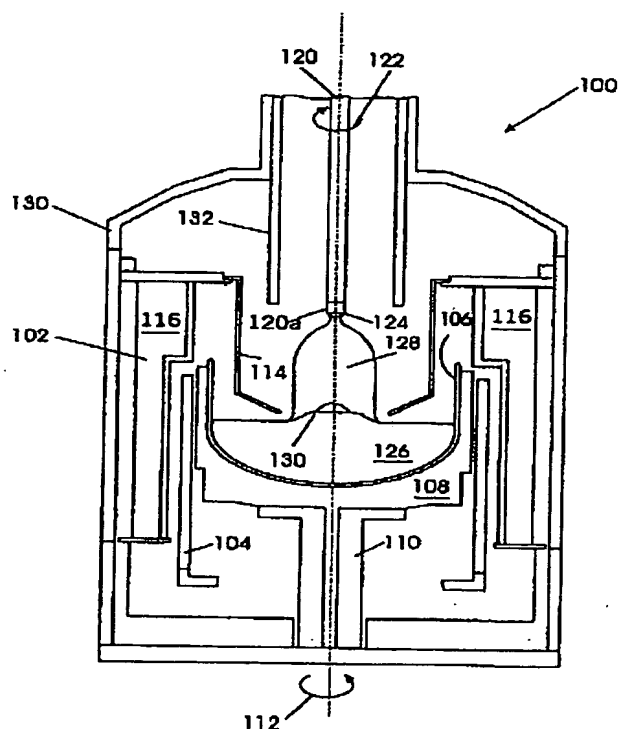
132 冷却ジャケット

134 境界

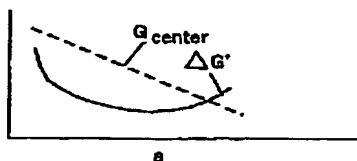
200 チョクラルスキプラー

202 加熱パックハウジング
 202a 上部加熱パックハウジング
 202b 下部加熱パックハウジング
 204 ヒータ
 206 炉
 208 サセップタ
 210 回転軸
 212 第1方向
 214 熱遮断体
 216 熱吸収物質
 220 結晶引上げ軸
 220a シードホルダー
 222 第2方向
 424 シード結晶
 226 溶融物
 228 インゴット
 230 チャンバー密封体

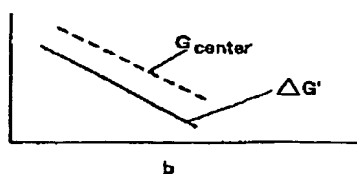
【図1】



【図15】

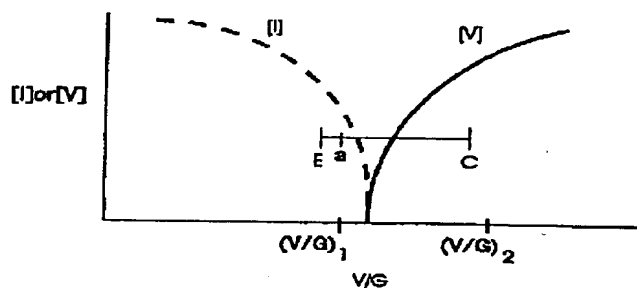


【図16】

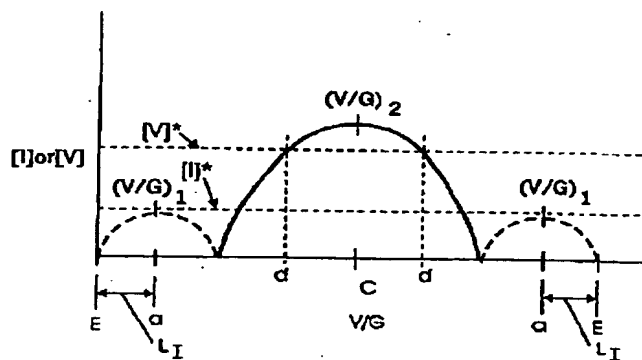


232 冷却ジャケット
 234 熱遮断蓋
 236 空気
 238 境界
 1310 内部熱遮断ハウジング底
 1320 外部熱遮断ハウジング壁
 1330 熱遮断ハウジング底
 1340 熱遮断ハウジング蓋
 1350 支持部材
 1360 絶縁物質
 1410 支持アーム
 1410' 中空の支持アーム
 1420 リング型支持部材
 1420' 中空のリング型支持部材
 1430 窓
 1440 中空のリング型支持アーム
 1450 絶縁物質

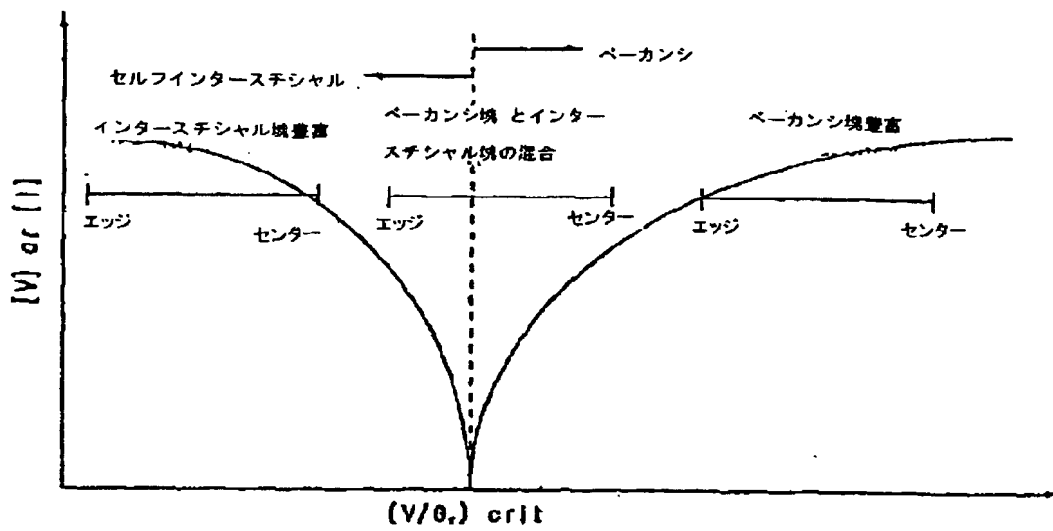
【図3】



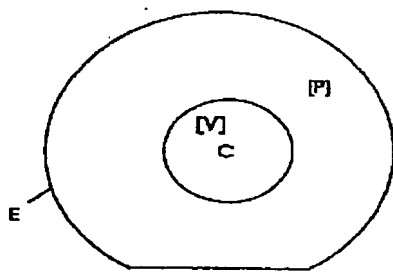
【図4】



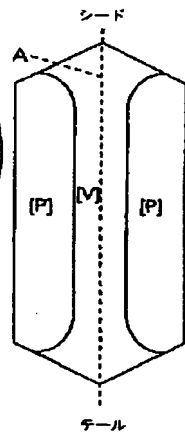
【図2】



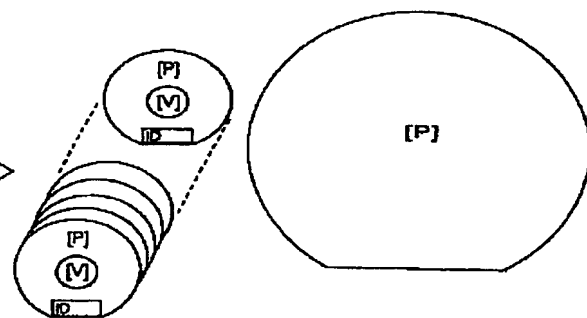
【図5】



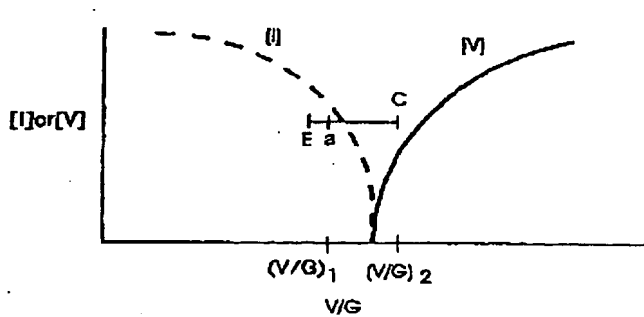
【図6】



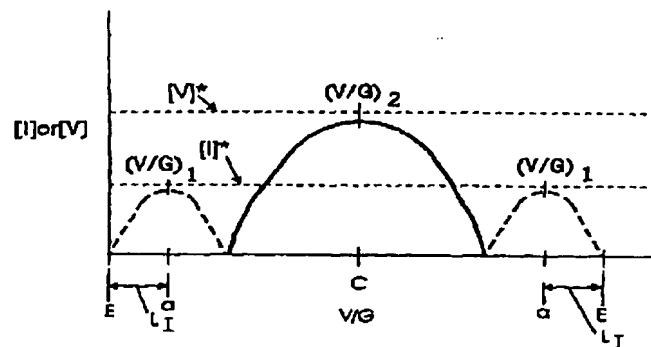
【図10】



【図8】

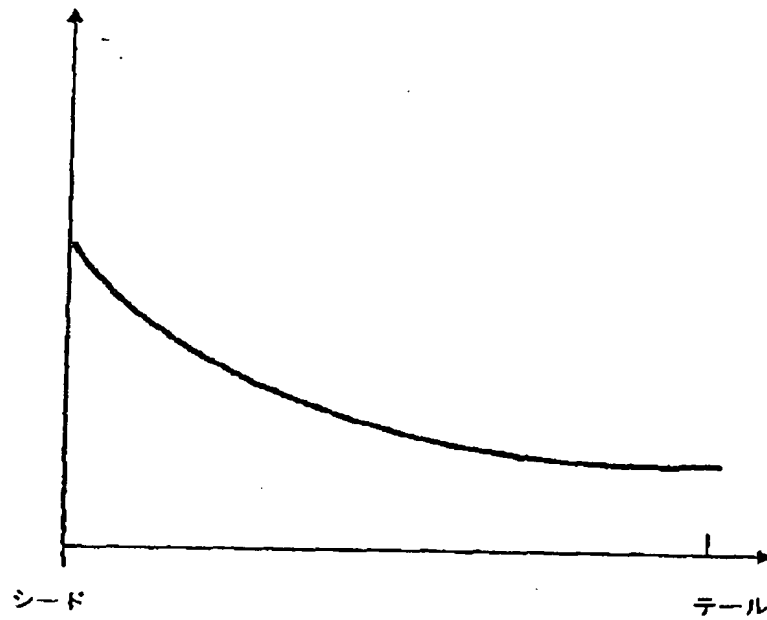


【図9】

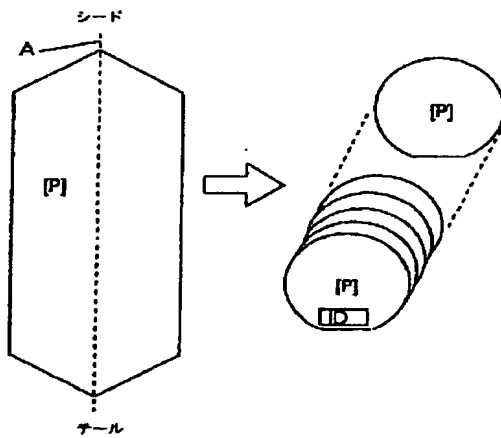


【図7】

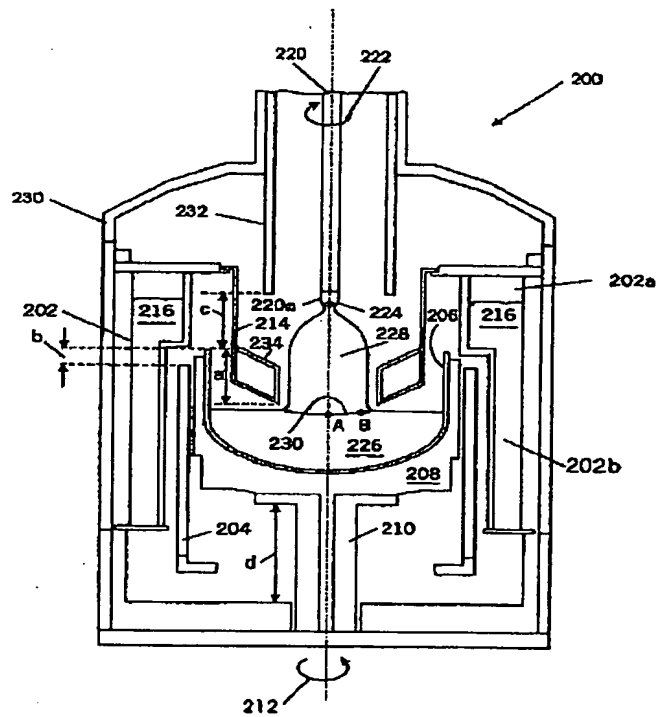
臨界V/Gを維持する
引き上げ速度



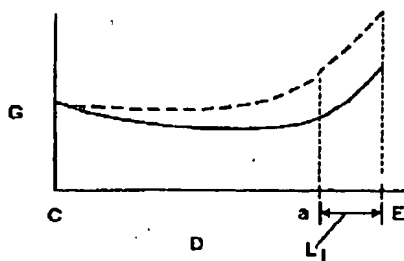
【図11】



【図13】

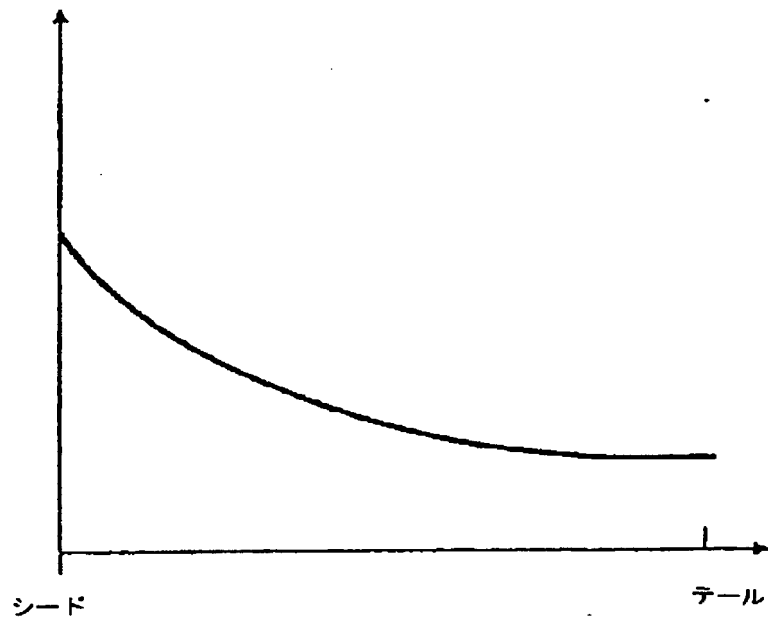


【図14】

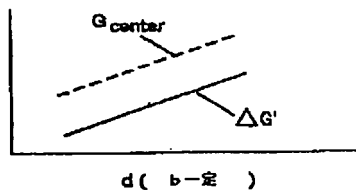


【図12】

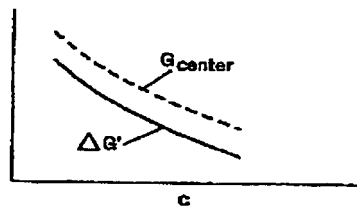
臨界V/Gを維持する
引き上げ速度



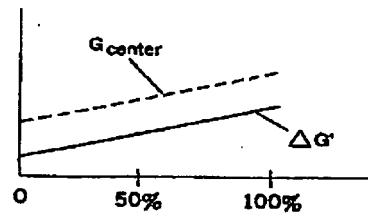
【図17】



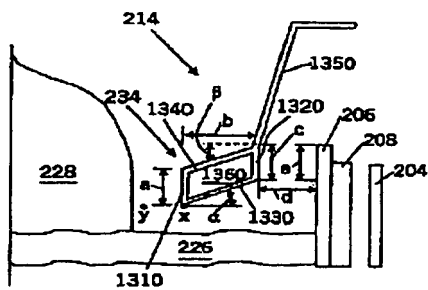
【図18】



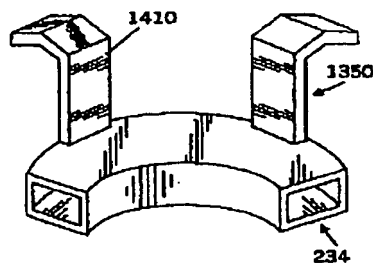
【図19】



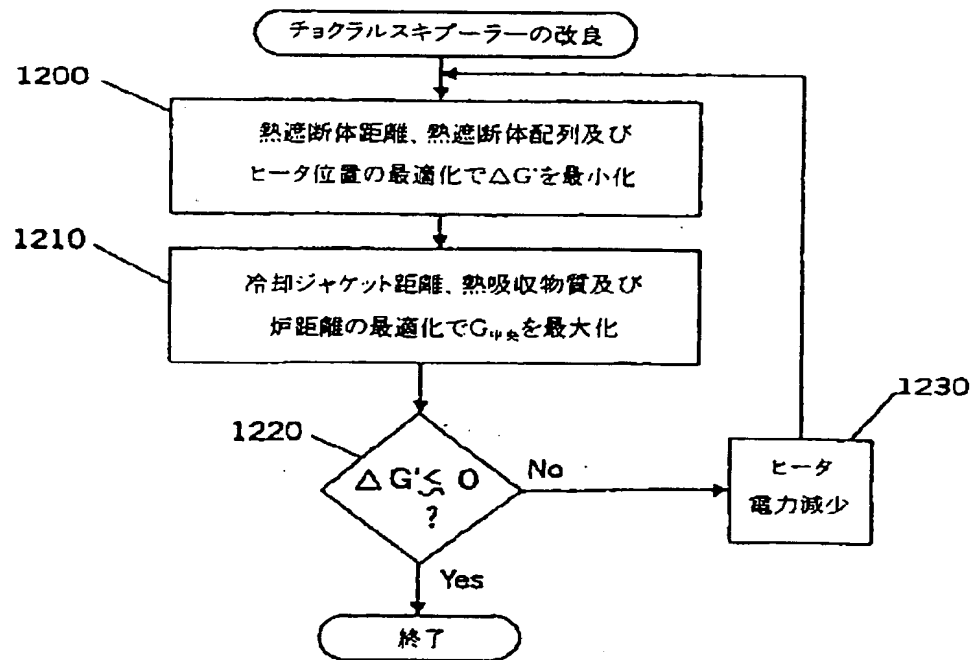
【図21】



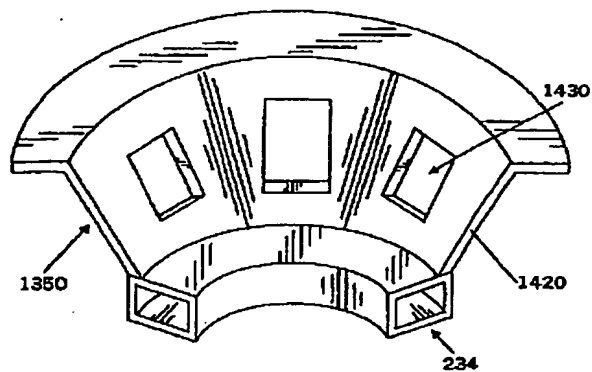
【図22】



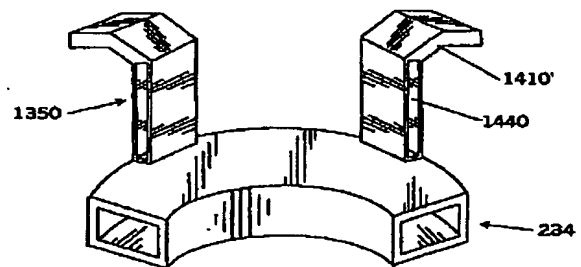
【図20】



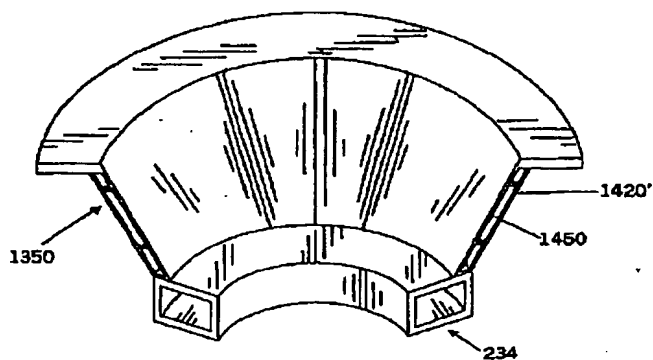
【図23】



【図24】



【図25】



フロントページの続き

- (54) 【発明の名称】 インゴット-熔融物の境界の中央及び縁での温度勾配の調節による単結晶シリコンインゴットの製造のためのチョコラルスキプラー、チョコラルスキプラー用熱遮断体及びチョコラルスキプラーの改良方法